

PREPARACION Y CARACTERIZACION DE NANOCOMPUESTOS MAGNETICOS DE PVC

I.G. Yáñez-Flores, R. Betancourt-Galindo, O.S.. Rodríguez-Fernández

Centro de Investigación en Química Aplicada, Blvd.. E. Reyna 140, Saltillo, Coahuila, 25253

RESUMEN

Se desarrolló un nuevo método para dispersar magnetita. Para este propósito se preparó un ferrofluido conteniendo magnetita de tamaño nanométrico (15 nm) y diocil ftalato como plastificante. Este ferrofluido se dispersó en un palstisol, y mediante la técnica de vaciado se prepararon películas magnéticas. Las propiedades magnéticas del nanocompuesto fueron evaluadas mediante la técnica de magnetometría de muestra vibrante (VSM), pruebas de esfuerzo-deformación y se caracterizó el comportamiento de flujo del ferrofluido y de los plastisoles de PVC conteniendo el ferrofluido. Al analizar el efecto del contenido de magnetita en las propiedades magnéticas y mecánicas se encontró que se incrementó la magnetización de saturación y la tensión a la ruptura al aumentar el contenido de magnetita. Por otra parte, el plastisol conteniendo el ferrofluido presentó un comportamiento de sólido de Bingham.

INTRODUCCIÓN

Los ferrofluidos (FF) son dispersiones coloidales de nanopartículas monodominio de materiales ferro o ferrimagnéticos dispersadas en líquidos polares o no polares y estabilizadas para evitar su coalescencia. Aunque estos fluidos responden a un campo magnético externo, solo presentan un efecto magnetoreológico relativamente bajo (1-4), especialmente cuando los comparamos con fluidos magnetoreológicos (MR) que contienen partículas magnéticas de tamaño micrométrico (5-7). Cuando los FF se preparan en líquidos no-polares, las partículas tienen a aglomerarse, debido a atracciones de van del Waals, que conducen a una pobre estabilidad y a altas velocidades de sedimentación. Un procedimiento que se ha desarrollado para reducir este efecto indeseado es recubrir las partículas con ciertas moléculas de cadena larga, especialmente aquellas que contiene un grupo polar y una cola con propiedades dieléctricas similares a las del líquido portador (4). En este trabajo, reportamos la síntesis de nanopartículas de magnetita recubiertas con ácido oléico y su uso para preparar un ferrofluido utilizando plastificante como líquido portador y, también, el uso de este ferrofluido para preparar plastisoles de PVC. Finalmente, se determinaron las propiedades magnéticas del ferrofluido y de los plastisoles de PVC conteniendo ferrofluido. Los plastisoles de PVC se curaron para obtener películas. Se sabe que los ferrofluidos pueden convertirse a MR mediante la suspensión en ellos de partículas no-magnéticas, como esferas de sílica o poliestireno tamaño micrométrico. Estas partículas no-magnéticas crean un hueco que parece poseer un momento magnético, correspondiente al fluido desplazado(8). Una colección de huecos idénticos se comportará como un sistema many-body con interacciones bipolares las cuales pueden controlarse mediante un campo externo. Sin embargo, en la ausencia de campo no hay interacciones magnéticas aparentes entre las partículas debido a el comportamiento paramagnético ideal del ferrofluido. Esta clase de fluidos se conocen en la literatura como ferrofluidos inversos (9,10).

PARTE EXPERIMENTAL

Materiales.

Los materiales utilizados en la síntesis de las partículas magnéticas, el líquido portador y el ácido oléico utilizados para la preparación del ferrofluido fueron adquiridos de Aldrich y utilizados tal como se recibieron. Se utilizó un PVC grado emulsión K = 69

Preparación de Ferrofluido.

En un artículo reciente(11) se describe el esquema básico para la preparación de las partículas de magnetita y de los ferrofluidos estabilizados. El ferrofluido utilizado en este trabajo se preparó utilizando di-octilftalato (DOP) como líquido portador.

Preparación de plastisol.

Los plastisoles se prepararon utilizando 100 phr (partes por cien de resina) de PVC, 2 phr de estabilizador térmico (Ba/Cd) y 140 phr de plastificante (DOP).

Preparación de películas.

Las películas se prepararon utilizando el plastisol y el ferrofluido base plastificante. En el caso de las películas conteniendo magnetita, se sustituyeron partes de plastificante con el ferrofluido, manteniendo siempre constante la concentración de plastificante en la formulación.

Propiedades magnéticas de las películas.

Las curvas de magnetización de las películas se obtuvieron en un Magnetómetro de muestra vibrante Lakeshores 7300, a temperatura ambiente.

Determinaciones reológicas.

Se utilizó un reómetro Para Physica MCR300 para determinar las propiedades magnetoreológicas de los fluidos inversos aplicando diferentes intensidades de campo.

Propiedades mecánicas.

Se determinaron, a temperatura ambiente, la resistencia a la tensión y el % de elongación a la ruptura para muestras de las películas obtenidas utilizando una máquina universal Instron, con una velocidad de mordazas de 50mm/min.

DISCUSION DE RESULTADOS

La Figura 1 muestra los resultados de magnetización para cuatro películas conteniendo diferente concentración de ferrofluido. Como era de esperarse, la magnetización aumenta con la carga de ferrofluido. Las curvas de magnetización sugieren un comportamiento superparamagnético para estas películas, ya que no presentan histéresis.

Se obtuvieron las curvas de flujo para el ferrofluido y los plastisoles de PVC conteniendo ferrofluido (fluidos inversos) a diferentes valores del campo magnético aplicado. La Figura 2 muestra una comparación de las curvas de flujo para un ferrofluido y un ferrofluido inverso conteniendo PVC. El ferrofluido base DOP muestra un comportamiento newtoniano en todo el intervalo de velocidades de corte estudiado.

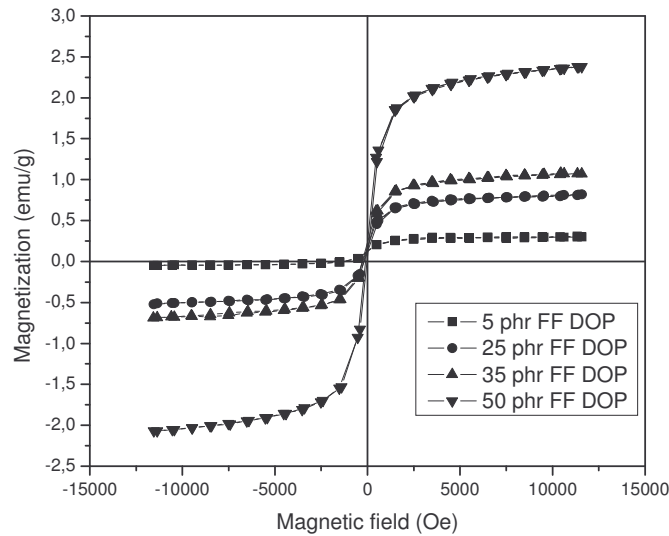


Figura 1. Curvas de magnetización de películas conteniendo diferentes concentraciones de ferrofluido.

Sin embargo, el plastisol de PVC conteniendo ferrofluido (ferrofluido inverso) muestra un importante cambio **en el esfuerzo de corte (en la viscosidad)** a bajas velocidades de corte. La posible explicación a este comportamiento es que las partículas magnéticas grandes, en el ferrofluido, forman cadenas que contribuyen **a un aumento en el esfuerzo de corte (en la viscosidad)**. Este efecto magnetoviscoso ha sido ya estudiado por Odenbach en diferentes ferrofluidos (4).

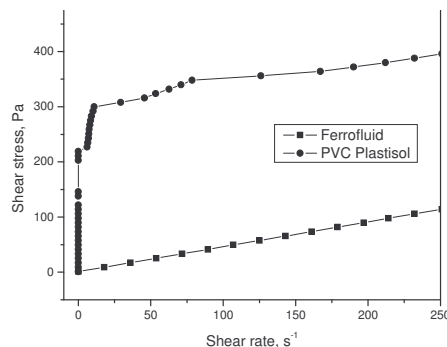


Figura 2. Curvas de Flujo de Ferrofluido y de Plastisol conteniendo Ferrofluido.

Por otra parte, en la figura 3 los ferrofluidos inversos conteniendo partículas de PVC muestran un comportamiento de flujo no-lineal. Primero, el ferrofluido inverso se comporta como un material sólido aumentando el esfuerzo de corte mientras que la velocidad de corte no cambia. Este comportamiento es típico para un fluido de Bingham. También se puede observar que cuando el campo magnético se incrementa se requiere un mayor esfuerzo para inducir el flujo. Este efecto puede entenderse ya que las cadenas de partículas no-magnéticas (PVC) formadas en el fluido tienen la capacidad de soportar un esfuerzo sin deformarse debido al momento magnético inducido de las partículas de PVC. Segundo, cuando las cadenas se rompen, el ferrofluido inverso fluye **y muestra un comportamiento líquido con adelgazamiento por**

corte, presumiblemente debido al rompimiento de aglomerados formados a partir de las cadenas rotas. La transición del comportamiento sólido al líquido se caracteriza por el esfuerzo de corte a la cedencia, el cual puede ser obtenido por la extrapolación de las curvas de flujo a velocidad de corte cero.

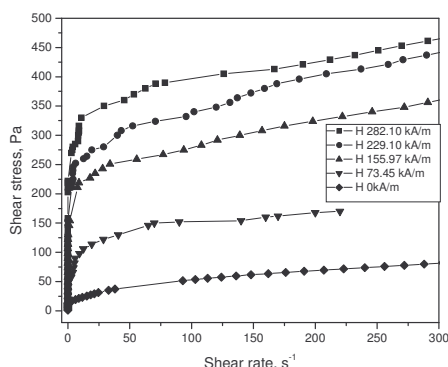


Figura 3. Esfuerzo de corte contra velocidad de corte en función del campo magnético.

La Tabla 1 muestra los resultados de las determinaciones mecánicas en las películas obtenidas. Cuando la concentración de ferrofluido aumenta y, consecuentemente, el contenido de magnetita, la resistencia tensil alcanza un máximo a 25 phr sugiriendo una carga óptima de magnetita para lograr la máxima resistencia tensil en las películas de PVC, la matriz polimérica no es capaz de aceptar mas magnetita sin perder sus resistencia tensil; por otra parte, la elongación a la ruptura disminuye cuando el contenido de magnetita aumenta como era de esperarse.

Tabla 1. Propiedades mecánicas de películas conteniendo diferentes concentraciones de ferrofluido

Ferrofluid concentration (phr)	Tensile Strength (MPa)	Elongation at break (%)
0	2.74	370
5	2.75	290
15	2.88	220
25	2.96	210
35	2.74	190
50	0.62	110

Conclusiones

Se ha desarrollado un nuevo método para preparar nanocompuestos magnéticos a base de plastisoles de PVC conteniendo ferrofluido. El plastisol de pVC se comporta como un ferrofluido inverso. Películas de PVC obtenidas mediante vaciado mostraron un incremento en la magnetización al aumentar el contenido de magnetita.

La resistencia tensil mostró un máximo cuando se utilizaron 25 phr de ferrofluido. Es importante mencionar que es posible aumentar las propiedades magnéticas pero la Resistencia tensil se vió negativamente afectada cuando se utilizaron más de 25 phr de ferrofluido.

Acknowledgments

The authors acknowledge CONACyT for the economical support throughout the project SEP 2004-C01-46044

BIBLIOGRAFÍA

- [1] R.E. Rosensweig, Sci. Am. 247 (1982) 136.
- [2] R.E. Rosensweig, Ann. Rev. Fluid Mech. 19 (1987) 437.
- [3] R.E. Rosensweig, Chem. Eng. Comm. 67 (1988) 1.
- [4] S. Odenbach, Colloids Surf. A Physicochem. Eng. Aspects 217 (2003) 171.
- [5] P.P. Phulé, J.M. Ginder, MRS Bull. 23 (1998) 19.
- [6] J.M. Ginder, MRS Bull. 23 (1998) 26.
- [7] G. Bossis, O. Volkova, S. Lacis, A. Meunier, in: S. Odenbach (Ed.), Ferrofluids, Springer-Verlag, Berlin, 2002, p. 202.
- [8] A.T. Skjeltorp, Phys. Rev. Lett. 51 (1983) 2306.
- [9] B.J. de Gans, N.J. Duin, D. van den Ende, and J. Mellema, J. Chem. Phys. 113 (2000) 2032.
- [10] B.J. de Gans, C. Blom, A. P. Philipse, and J. Mellen, Phys. Rev. E. 60 (1999) 4518.
- [11] O. Ayala-Valenzuela, J. Matutes-Aquino, R. Betancourt-Galindo, L. A. García-Cerda, O. Rodríguez Fernández, A.T. Giannitsis and P.C. Fannin, J. Magn. and Magn. Mater, 294 (2005) 37.